

II-244

混合砂河床における河床波の成長・崩壊過程と砂粒子の分級性状

舞鶴工業高等専門学校 正員 三輪 浩
立命館大学 理工学部 正員 大同淳之

1. まえがき 混合砂河床では砂粒子の分級が生じるため、このような場における河床波の変形を扱う際には分級効果を考慮する必要がある。従来の一様砂としての扱いでは必ずしも十分ではない。本文では河床波の変形機構を明らかにするための基礎として、安定状態にある河床波が流量増加によってさらに成長する過程と流量減少によって崩壊する過程に着目して、河床波形状の変化特性と砂粒子の分級性状について考察した。

2. 実験概要 実験は長さ9m、幅20cmの亚克力製可変勾配水路を用いて行った。本研究は混合砂河床を対象としているが、比較のためにほぼ同一の平均粒径を有する一様に近い砂を用いた実験も行った。実験に使用した砂の粒度分布を図-1に示す。図中、 d_m は平均粒径(cm)、 σ_g は幾何標準偏差($\sqrt{d_{84}/d_{16}}$)である。実験は発達・成長過程(CASE1)、発達・崩壊過程(CASE2)とも流量を2段階に変化させて行い、各通水段階をそれぞれstage1, 2としている。いずれのCASEもstage1は平坦河床から河床波が発達して安定状態に至るまでの過程を対象としているが、stage2はCASE1では流量増加によってさらに成長する過程を、CASE2

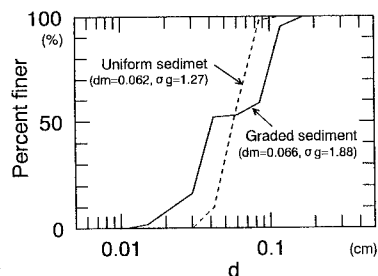


図-1 使用砂の粒度分布

表-1 実験条件

CASE	sand	Stage	h_m (cm)	l_e ($\times 10^{-3}$)	Fr	u_* (cm/sec)	τ_*
1	uniform	1	5.08	2.51	0.56	3.53	0.126
		2	9.71	2.34	0.42	4.72	0.226
	graded	1	4.76	2.54	0.62	3.44	0.110
		2	7.90	2.63	0.58	4.51	0.190
2	uniform	1	8.41	2.51	0.52	4.55	0.209
		2	5.16	2.33	0.37	3.43	0.119
	graded	1	8.75	2.60	0.49	4.72	0.207
		2	4.04	2.31	0.53	3.03	0.085

では流量減少によって崩壊する過程を対象としている。両CASEとも実験中に適時停水し、河床位、波長および波高の測定を行った。ただし、水位は停水直前に測定した。また、混合砂の場合には停水ごとに河床表層の砂を最大粒径程度採取するとともに、クレスト鉛直方向にも採取した。表-1に両CASEの各Stage最終段階における水理条件を示す。なお、本実験はlower regime領域を対象としているため、transition領域に入らないように条件が設定されている。

3. 河床波の変形性状と形状特性

図-2は平均波長と平均波高の時間的変化を示したもので、標準偏差を付記している。CASE1における発達過程では混合砂の場合は波長、波高とも一様砂に比べて短時間で一定値に達し、最終段階に至っても小さく抑えられていることがわかる。成長過程でも状況は同様で、今回の実験のように急激な流量増加の場合にはstage1の履歴にほとんど無関係な成長過程を示すことが認められる。一方、CASE2にお

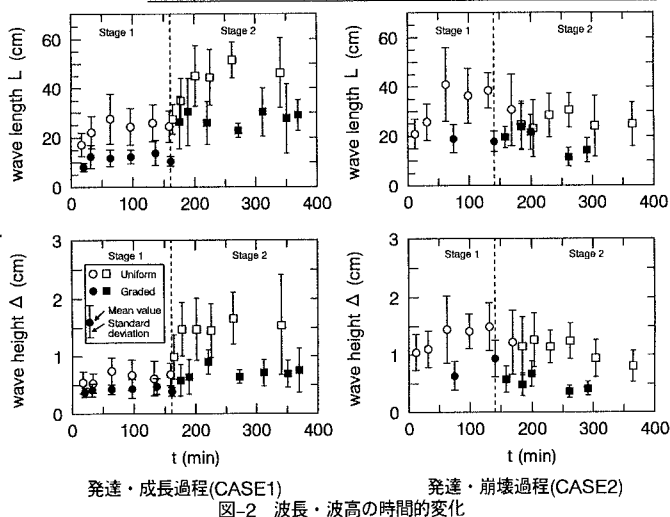


図-2 波長・波高の時間的変化

ける崩壊過程では混合砂、一様砂とも波長、波高は徐々に減少してゆくが、とくに混合砂の場合は発達段階で形成された砂堆は減衰状態を経て崩壊に至り、最終段階では主として細粒子からなる砂漣状の河床波として残存した。これについては砂粒子の分級性状と関連しているの、次項で考察を加える。なお、一様砂の

場合はかなり長時間の通水でも減衰はするが崩壊には至らなかった。

4. 砂粒子の分級性状 図-3は河床波の成長過程と発達過程における河床表層の粒度分布の時間的変化を示している。両過程とも(a), (b), (c)はそれぞれstage1の最終段階, stage2の初期段階および最終段階に対応している。まず, CASE1ではstage1の最終段階において河床波の前面で粗粒化, クレスト部で細粒化, 背面中央部およびトラフ部で給砂の粒度分布に近くなるという縦断方向の交互分級¹⁾が認められる。この傾向はstage2においてもなお維持されており, 発達・成長過程を通じて表層砂の分級性状は同様であるといえる。ただし, 河床波前面の粗粒化はstage2においてさらに進行しているが, これは掃流力の増加によって砂粒子はより活発に運動し, 河床波背面における粗粒子に対する露出効果と減摩効果が促進されたためである。一方, CASE2ではstage1の最終段階ではCASE1と同様の分級性状を示しているが, stage2に入ると河床波前面の粗粒化は急速に減衰する。これは最終段階では河床にはほぼ細粒子のみからなる砂漣状の河床波が残存しているため, 河床波前面の粗粒化域は認められない。粗粒子の運動性はstage2に入った直後から低下し, 主として細粒子

の運動が卓越するようであった。その結果, stage1で見られた粗粒子の河床波前面への堆積はほとんどなくなり, 主として細粒子による残存河床波の埋め戻しによって最終的には砂漣状の河床波が形成されたものと考えられる。ただし, 河床全体がこのような河床波で覆われているのではなく, 平坦化した部分もかなり存在している。図-4はCASE1およびCASE2におけるクレスト鉛直方向の粒度構成の時間的変化を示している。縦軸の z/Δ' は各停水時における着目河床波の波高 Δ' に対する前縁下端からの高さ z の比で, $z/\Delta'=1$ はクレストを示す。CASE1の発達過程において形成された鉛直方向の元河床-粗粒化-細粒化は, 成長過程に入ると粗粒化層の割合が増加し, 細粒化層の割合は減少することがわかる。一方, CASE2の崩壊過程では粗粒化層の割合が減少し, 細粒化層の割合が増加することがわかる。以上のことから, 河床波の発達・成長過程では粗粒子が, 崩壊過程では細粒子が主要な役割を担っていると推察される。

5. あとがき 本文では混合砂河床における河床波の成長および崩壊過程と砂粒子の分級性状について検討したが, とくに崩壊過程では個々の河床波の埋め戻し過程を詳細に検討する必要がある。今後, この点に着目した研究を行うとともに, 連続した流量変化に対する河床波の変形とこれに及ぼす砂粒子の分級効果についても検討するつもりである。参考文献 1) Miwa, H. and Daido, A.: JHHE, Vol.10, No.2, 1992.

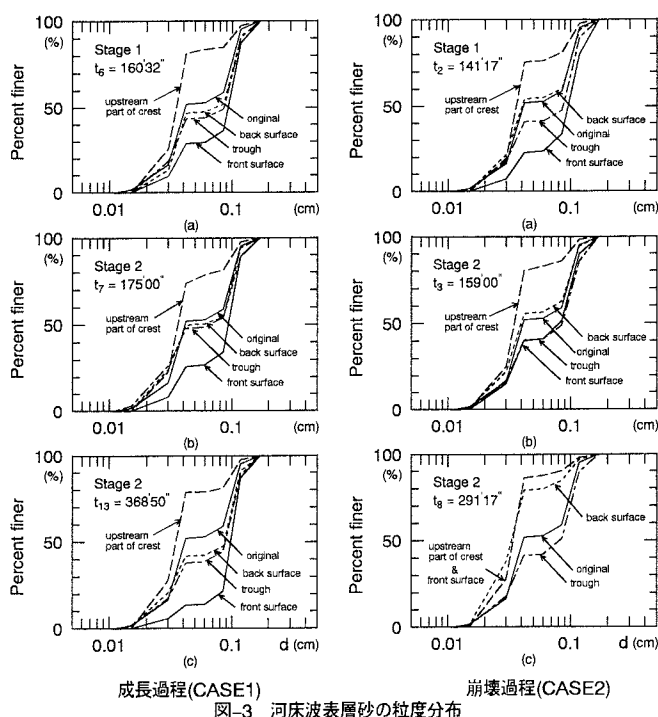


図-3 河床波表層砂の粒度分布

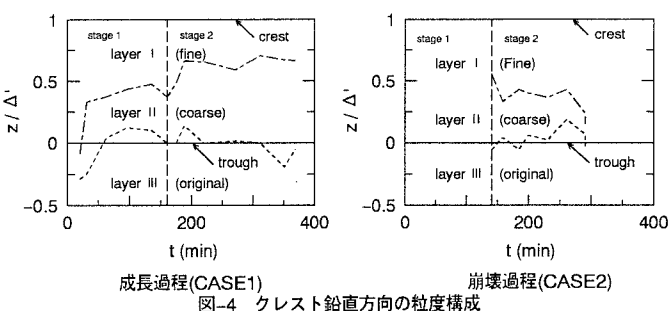


図-4 クレスト鉛直方向の粒度構成